



PALAVRAS CHAVES/KEY WORDS

AUTORES  
AUTHORS

ANÁLISE MULTITEMPORAL  
ATAQUE DAS PRAGAS  
AMAZÔNIA

AUTORIZADA POR/AUTHORIZED BY

*Roberto Pereira da Cunha*  
Diretor de Sens. Remoto

AUTOR RESPONSÁVEL  
RESPONSIBLE AUTHOR

*José Simeão de Medeiros*  
José Simeão de Medeiros

DISTRIBUIÇÃO/DISTRIBUTION

INTERNA / INTERNAL  
 EXTERNA / EXTERNAL  
 RESTRITA / RESTRICTED

REVISADA POR / REVISED BY

*Pedro Hernandez Filho*  
Pedro Hernandez Filho

CDU/UDC

528.711.7:63(811.3)

DATA / DATE

setembro/89

TÍTULO/TITLE	PUBLICAÇÃO Nº PUBLICACION NO
	<b>INPE-4979-PRE/1544</b>
ANÁLISE MULTITEMPORAL DE IMAGENS DIGITAIS DO LANDSAT TM NA DETECÇÃO DE ÁREAS AFETADAS POR ATAQUE DE LAGARTAS ( <i>Sibine fusca</i> ) NA CULTURA DE DENDÊ ( <i>Elais guineensis</i> )	
AUTORES/AUTHORSHIP	José Simeão de Medeiros Edson Eiji Sano*

ORIGEM  
ORIGIN

DPA

PROJETO  
PROJECT

SIGAM

Nº DE PAG.  
NO OF PAGES

?

ULTIMA PAG.  
LAST PAGE

6

VERSÃO  
VERSION

Nº DE MAPAS  
NO OF MAPS

RESUMO - NOTAS / ABSTRACT - NOTES

O objetivo deste trabalho foi detectar as áreas afetadas por ataque de lagartas (*Sibine fusca*) na cultura do dendê (*Elais guineensis*), através da análise multitemporal dos dados LANDSAT. A área teste selecionada localiza-se dentro da propriedade da DENPASA (Dendê do Pará S.A.), a aproximadamente 45km de Belém (PA). Foram utilizadas imagens TM das bandas 3, 4 e 5, obtidas em duas datas distintas (24 de julho de 1984 e 17 de julho de 1986). Após a atenuação dos efeitos atmosféricos ("path radiance") e o registro de imagens, foi realizada uma classificação supervisionada temporal/espectral, onde foi possível definir com precisão, as áreas atacadas pelas lagartas.

OBSERVAÇÕES / REMARKS

\*Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia - Organização dos Estados Americanos.  
Trabalho apresentado no V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento, Natal, RN, outubro de 1988.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE IMAGENS DIGITAIS DO LANDSAT TM NA DETECÇÃO DE ÁREAS AFETADAS POR ATAQUE DE LAGARTAS (Sibine fusca) NA CULTURA DE DENDÊ (Elais guineensis)

José Simeão de Medeiros

Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia

Caixa Postal 515 - Av. dos Astronautas, 1758 - 12.201 - São José dos Campos - SP

Edson Eyji Sano

Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia  
Organização dos Estados Americanos  
Av. Almirante Barroso, 426 - 66.050 - Belém - PA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi detectar as áreas afetadas por ataque de lagartas (Sibine fusca) na cultura do dendê (Elais guineensis), através da análise multitemporal dos dados LANDSAT. A área teste selecionada localiza-se dentro da propriedade da DENPASA (Dendê do Pará S.A.), a aproximadamente 45 km de Belém (PA). Foram utilizadas imagens TM das bandas 3, 4 e 5, obtidas em duas datas distintas (24 de julho de 1984 e 17 de julho de 1986). Após a atenuação dos efeitos atmosféricos ("path radiance") e o registro de imagens, foi realizada uma classificação supervisionada temporal/espectral, onde foi possível definir com precisão, as áreas atacadas pelas lagartas.

ABSTRACT

The purpose of this paper was to detect the areas affected by caterpillars (Sibine fusca) attack in a dendê palm plantation (Elais guineensis), through LANDSAT data multitemporal analysis. The test site was selected within Denpasa's farm (Dendê do Pará S.A.), located 45 km away from Belem (PA). The TM bands 3, 4 and 5 acquired in two different dates (July, 24, 1984 and July, 17, 1986), were used. After attenuation of path radiance and images registration, a supervised temporal/spectral classification was performed, which made it possible to define with precision, the areas attacked by caterpillars.

1. INTRODUÇÃO

O dendezeiro (Elais guineensis), de origem africana, é uma palmeira oleaginosa de maior produtividade conhecida em todo o mundo. Dos seus frutos, podem ser extraídos óleos da polpa (óleo de palma) e da amêndoa (óleo de palmiste), com ampla aceitação nas indústrias alimentícia e química, além de fornecer, como subproduto, matéria-prima para ração animal e para adubos orgânicos.

O clima tropical úmido da Amazônia, aliada à disponibilidade de extensas áreas contínuas, próprias para o cultivo desta palmeira, propiciaram nesta região, a implantação de grandes empreendimentos agroindustriais para a produção de óleo e gorduras vegetais, visando principalmente o mercado externo.

No entanto, como ocorre em todas as monoculturas extensas, o cultivo do dendê também está sujeito a uma infesta-

ção acentuada de doenças e pragas, em virtude do desequilíbrio ecológico que provoca.

O sensoriamento remoto pode ser utilizado para a detecção de tais tipos de danos, desde que estas situações de "stress" modifiquem as características metabólicas e/ou morfológicas das plantas, de maneira a alterar o seu comportamento espectral.

Algumas pesquisas têm reportado, com variado grau de sucesso, a utilização do processamento digital de imagens do satélite LANDSAT na detecção de danos causados por lagartas desfolhadoras em "hardwood forests" (Williams, 1975; Williams et alii, 1979; Nelson, 1983) e de danos associados à infestação de formigas cortadeiras do gênero Atta em Eucalyptus spp. (Medeiros, 1987).

Dentro deste contexto, este trabalho foi realizado com o objetivo de detectar as áreas com infestação de lagar-

as (*Sibine fusca*), ocorrida na fazenda e dende da DENPASA (Dendê do Pará .A.), município de Belém (PA). Para o umprimento deste objetivo, foram utilizadas as imagens digitais do LANDSAT TM, processadas por uma técnica de detecção de alterações conhecida como classificação temporal/espectral (Weissiller et alii, 1977).

## 2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA-TESTE

A área-teste selecionada, com cerca de 1340 ha, localiza-se no interior da propriedade da DENPASA e está contida aproximadamente entre as latitudes  $1^{\circ}11'55''$ - $1^{\circ}14'30''$ S e entre as longitudes  $48^{\circ}14'00''$ - $48^{\circ}15'50''$ W. A principal via de acesso a esta área é a rodovia PA-391 (Belém-Mosqueiro), totalmente asfaltada e distante cerca de 45 km de Belém (Figura 1).

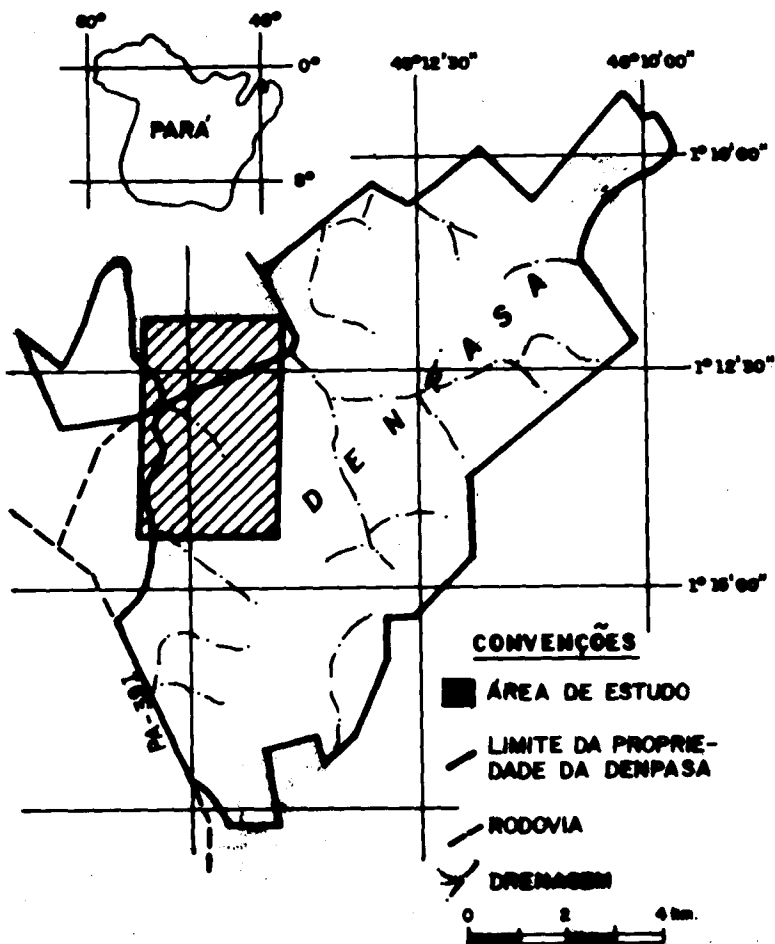


Fig. 1 - Localização da área-teste.

## 3. LAGARTA *Sibine fusca*: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Conforme informações obtidas no trabalho de campo e segundo Genty et alii (1978), o lepdóptero *Sibine fusca*, da família Limacodidae, apresenta sua forma nociva no estágio de larva (lagarta), época em que ocorre o ataque à folha-gem do dendezeiro. Mais precisamente, as lagartas se alimentam inicialmente da epiderme inferior dos folíolos, devorando em seguida todo o parênquima, deixando somente as nervuras centrais.

Os danos causados por esta lagarta

são muito prejudiciais à plantação, tendo em vista que um indivíduo pode destruir durante o seu ciclo, o equivalente a 1,5 folíolos, o que corresponde a uma área de 350 cm<sup>2</sup>. O índice crítico de infestação é de 15 a 20 lagartas por folha.

O ciclo total do inseto varia entre 78 a 103 dias, sendo a fase de incubação (ovos) de seis a oito dias, a fase larval de 40 a 55 dias e a fase de ninfa de 32 a 40 dias.

Os ovos são depositados em grupos na parte inferior dos folíolos, e as lagartas vivem em colônias, com 10 a 60 indivíduos na extremidade das folhas, empupando-se nas partes internas ou externas das bases peciolares.

Para o combate, são utilizados produtos químicos a base de carbaryl ou pode ser realizada também um controle biológico, através de uma solução viral, fabricada a partir de lagartas atacadas por uma virose (densonucleose).

## 4. MATERIAIS E MÉTODO

### 4.1. MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Imagens digitais do LANDSAT TM, órbita/ponto 223.61, bandas 3, 4 e 5 de 24 de julho de 1984 (sem ataque de lagartas) e 17 de julho de 1986 (com ataque de lagartas);
- Mapa planimétrico da propriedade na escala 1:20.000;
- Sistema de Tratamento de Imagens SITIM-150;
- Mesa digitalizadora tamanho A2;
- Gravador de filme fotográfico "Rembrandt";
- Pantógrafo óptico "Reflecting Projector".

### 4.2. MÉTODO

O desenvolvimento do trabalho enquadrava-se dentro das seguintes etapas: escolha das imagens; normalização das imagens; classificação temporal/espectral; trabalho de campo; e confecção do relatório.

#### 4.2.1. ESCOLHA DAS IMAGENS

Nesta etapa, foram selecionadas as bandas espectrais e as datas de aquisição das imagens.

Com relação às bandas espectrais, foram escolhidas as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM, pois potencialmente, são as que podem fornecer maiores informações sobre a cobertura vegetal.

Com relação às datas de aquisição optou-se por imagens da mesma época do ano, a fim de reduzir as variações sazonais.

ais dos alvos, minimizar as diferenças as condições de iluminação das imagens atenuar as variações nas condições atmosféricas.

#### 4.2.2. NORMALIZAÇÃO DAS IMAGENS

A influência do espalhamento atmosférico (radiância de trajetória) foi minimizada através do método do valor mínimo do histograma (Chavez Jr., 1975), onde é subtraído de todos os "pixels" de uma dada banda, o valor do seu limite mínimo do histograma adquirido em áreas de reflectância nula. Para a determinação destes valores, foi utilizada a operação "Leitura de Pixels" da função "Operações no Visualizador", e para a subtração nas respectivas bandas, foi utilizada a operação "Operações Aritméticas" da função "Tratamento de Imagens".

As diferenças geométricas nas imagens das duas datas foram minimizadas através da função "Registro de Imagens", disponível no SITIM-150. Esta função, baseada em pontos de controle obtidos nas imagens, permite, através de deslocamentos, um ajuste de uma imagem sobre a outra, ou seja, ao final do registro, os pontos correspondentes a um mesmo objeto nas duas imagens coincidem espacialmente.

#### 4.2.3. CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL/ESPECTRAL

Com o conjunto de seis imagens (bandas 3, 4 e 5 das duas passagens), foi realizada uma classificação supervisionada, utilizando-se as diversas operações da função "Classificação por Máxima Verossimilhança" (disponível no SITIM-150), a partir de um conjunto de amostras selecionadas para cada uma das classes identificadas nas imagens.

Nesta classificação, foram efetuadas as seguintes etapas:

- coleta de no mínimo seis amostras de valores digitais para cada classe escolhida;
- análise da matriz de classificação para verificar a existência de superposição entre as classes e melhorar a classificação;
- análise das amostras de cada classe, a fim de verificar sua representatividade dentro da classe;
- classificação propriamente dita e cálculo de área das classes analisadas;
- análise da classificação no monitor de vídeo da UVI;
- impressão do resultado da classificação.

#### 4.2.4. TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi direcionado para a coleta de dados sobre a propriedade e sobre as infestações de pragas que vem ocorrendo nas áreas cultivadas com o dendê.

#### 4.2.5. CONFECÇÃO DO RELATÓRIO

A última etapa do trabalho foi a confecção do relatório, onde foram discutidos os principais tópicos obtidos nas fases anteriores.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1. NORMALIZAÇÃO DAS IMAGENS

A Tabela 1 mostra os valores digitais que foram considerados como oriundos do espalhamento atmosférico (path radiance) e que foram subtraídos de toda a imagem, para cada banda e para as duas datas de passagem do satélite.

TABELA 1  
VALORES DIGITAIS CONSIDERADOS COMO EFEITOS DO ESPALHAMENTO ATMOSFÉRICO

DATA DA IMAGEM	VALORES DIGITAIS		
	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 5
24.07.84	13	6	0
17.07.86	14	5	0

Para a determinação destes valores, diversas partes das imagens com 512 x 512 pontos, numa relação 1:1 (um "pixel" da imagem para um "pixel" no vídeo), eram visualizadas no monitor da UVI. O cursor era posicionado nas áreas de reflectância nula (por exemplo, sombra de nuvens), listando-se os seus valores digitais. Esta operação foi repetida várias vezes até a obtenção dos melhores valores para cada uma das bandas.

Com a subtração destes valores, assumiu-se que as imagens foram normalizadas para os efeitos aditivos do espalhamento atmosférico. Após esta transformação, há um pequeno realce na qualidade visual das imagens, mais perceptível nas bandas de menor comprimento de onda, onde a interferência atmosférica é mais acentuada.

Para o registro das imagens, foi escolhido um ponto de controle, através do qual o conjunto de imagens da passagem de 17 de julho de 1986 foi deslocado, superpondo-se ao outro conjunto da passagem de 24 de julho de 1984.

A técnica de registro translacional atualmente disponível no SITIM-150, assume que as diferenças geométricas entre as cenas a serem superpostas são pequenas, o que na verdade não ocorre quando se superpõem imagens LANDSAT TM de diferentes datas.

Para se obter uma superposição de imagens com uma qualidade aceitável com esta técnica de registro, convém analisar pequenos módulos de aproximadamente 200 x 200 "pixels" de cada vez, dependendo das distorções inerentes às imagens a serem registradas. Além disto,

m registro de má qualidade compromete a análise quantitativa das imagens (por exemplo, comparação entre índices de vegetação nas duas datas) devido a erros grosseiros na localização espacial dos pixels" (maior que um), referentes a um mesmo objeto.

## 5.2. CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL/ESPECTRAL

A classificação por máxima verossimilhança determina para os elementos de uma dada imagem, a maior probabilidade de cada um deles pertencer a uma dada classe especificada, através da análise do vetor média e das matrizes de covariância das amostras de todas as classes. Maiores detalhes sobre esta classificação podem ser encontrados em Mascarenhas e Velasco (1984) e em Engespaço (1988).

Esta classificação no SITIM-150 é realizada através da execução de um conjunto de operações que vão desde a aquisição de amostras até a classificação propriamente dita e a apresentação da mesma no monitor da UVI. Uma das operações mais importantes é a matriz de classificação, na qual o analista pode ter uma idéia da classificação a ser realizada por meio de uma estimativa do tipo e do percentual de erros. Se os resultados não forem satisfatórios, é possível subtrair ou adicionar mais amostras, obtendo-se uma outra matriz. Esta operação é repetida sucessivamente até se obter resultados desejados.

Para a classificação da área-teste, foram adquiridas em média, sete amostras de treinamento para cada uma das classes selecionadas. A Tabela 2 mostra estas classes escolhidas e como se apresentavam visualmente nas imagens das duas datas diferentes.

TABELA 2  
CLASSES SELECIONADAS PARA A CLASSIFICAÇÃO

CLASSE	IMAGENS DE 24.07.84	IMAGENS DE 17.07.86
SIBINE	DENDÊ	DENDÊ COM PRAGAS
DENDÊ	DENDÊ	DENDÊ
CAPOEIRA	CAPOEIRA	CAPOEIRA
MATA	MATA	MATA
OUTRAS	OUTRAS	OUTRAS

A classe "sibine" representa as áreas onde ocorreram mudanças na resposta espectral do dendê, provocada pela infestação de lagartas. Nas outras quatro classes não houve uma alteração significativa nas respostas espectrais. Nas classes "capoeira" e "mata" estão englobadas respectivamente, as áreas de capoeira e mata ciliar e as áreas de ma

ta de terra firme e capoeirão, presentes na região das áreas cultivadas com dendê. A classe "outras" representa todas as outras categorias de alteração e não-alteração que não foram agrupadas nas classes definidas anteriormente.

A Tabela 3 mostra a melhor matriz de classificação obtida a partir de amostras selecionadas para cada uma das classes.

TABELA 3  
MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO

CLASSE	N*	1	2	3	4	5
SIBINE	1,2	98,8	0	0	0	0
DENDÊ	0	0	100	0	0	0
CAPOEIRA	5,0	0	0	94,2	0	0,8
MATA	3,6	0	3,6	0	92,9	0
OUTROS	3,0	0	0	0	0	97,0
DESEMPENHO MÉDIO =		96,36%				
ABSTENÇÃO MÉDIA =		2,73%				
CONFUSÃO MÉDIA =		0,91%				

\* = "NÃO CLASSIFICADOS".

A matriz de classificação e a classificação propriamente dita foram respectivamente obtida e realizada assumindo-se que um "pixel" possuía 99% de chance de pertencer a uma dada classe (limiar 16,80 para as seis bandas analisadas).

Em seguida, o resultado da classificação foi mostrado no monitor da UVI, na escala 1:25.000, sendo posteriormente impresso através da impressora gráfica (Figura 2). Pode-se destacar desta figura, a ocorrência de duas áreas, nas porções central e sul da área-teste, com uma acentuada infestação das referidas lagartas. Na porção mais ao norte da área-teste, surgem outras cinco áreas afetadas, estas com proporções menores, em relação às anteriores.

Após a apresentação da classificação no monitor da UVI, foram calculadas as áreas correspondentes a cada uma das classes (Tabela 4).

Da análise da classificação obtida, observou-se que alguns pontos não classificados estavam associados com erros no registro de imagens.

Quanto à técnica de classificação utilizada, pode-se mencionar que quanto maior a dinâmica de alterações de uma área, mais complexa e confusa será a obtenção das amostras para um número grande de classes, podendo prejudicar ou até mesmo invalidar o trabalho.

Não foi possível uma confrontação mais detalhada dos resultados obtidos da classificação com os dados de campo

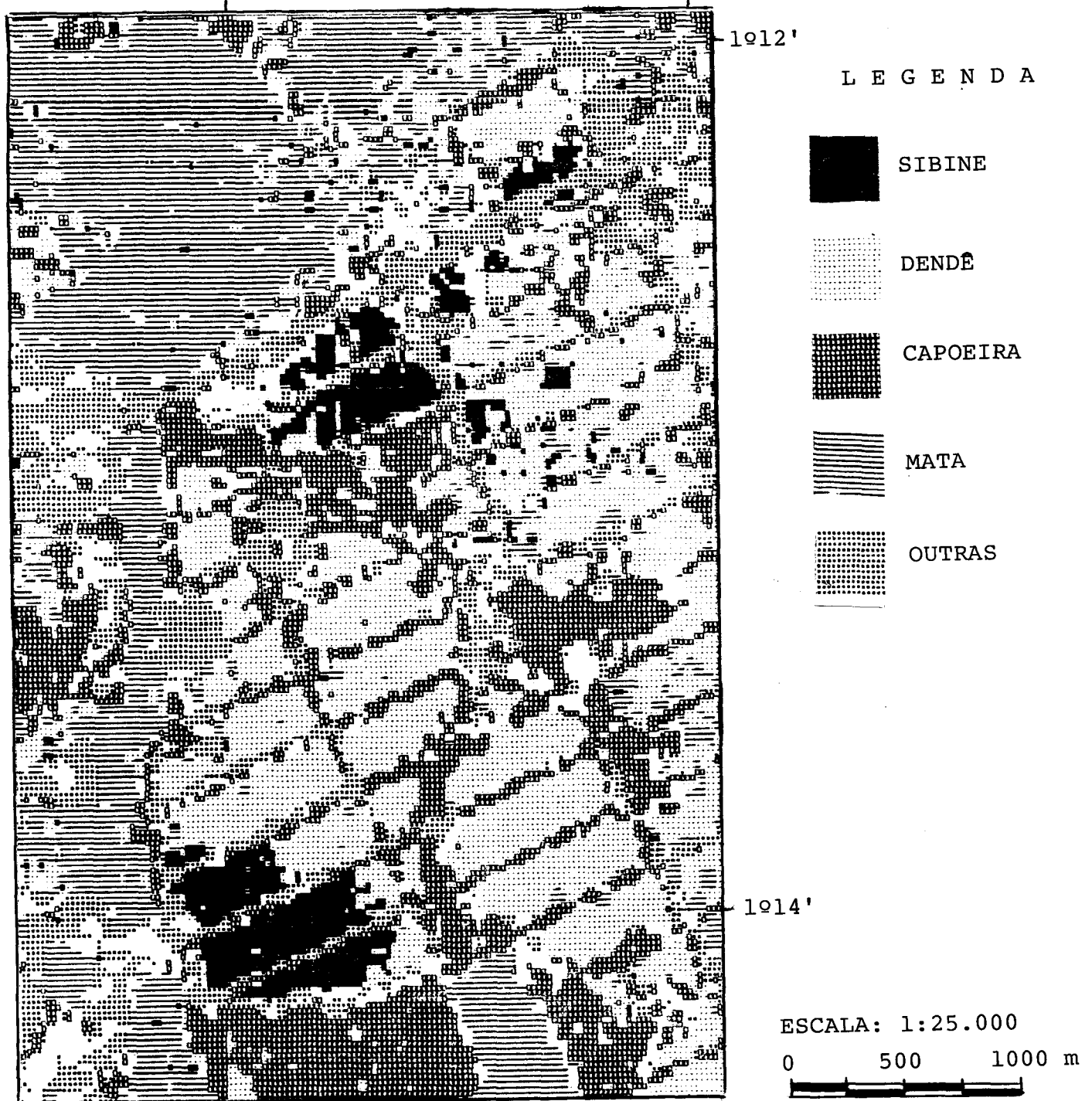


Fig. 2 - Resultado da classificação temporal/espectral.

devido à ausência de dados quantitativos coletados no campo referentes à infestação das lagartas na época de obtenção das imagens, visto que esta infestação foi a primeira a ocorrer na propriedade.

TABELA 4  
ÁREAS DAS CLASSES OBTIDAS PELA CLASSIFICAÇÃO TEMPORAL/ESPECTRAL

CLASSE	ÁREA (ha)
SIBINE	70
DENDE	320
CAPOEIRA	260
MATA	300
OUTROS	210
NÃO CLASSIFICADOS	180

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A classificação temporal/espectral envolvendo imagens com duas datas diferentes, respectivamente com e sem ataque de lagartas, permitiu a detecção de áreas afetadas pelas referidas lagartas com precisão. Este fato demonstra o potencial das imagens do TM e da análise multitemporal no monitoramento do ataque de pragas (e de doenças), não só da espécie analisada neste trabalho, mas de outras, desde que também provoquem modificações no comportamento espectral das plantas, passíveis de serem detectadas nas imagens.

Com a implantação de um programa de registro de imagens que possibilite um ajuste polinomial para as correções de deslocamento, da rotação e da variaçã

de escala nas imagens, aliada a outras técnicas de detecção de alterações, e ainda com a disponibilidade de um controle estatístico no campo referente a infestação da praga, poder-se-á obter resultados bem mais concretos, como por exemplo, correlações entre o grau de infestação com quantidade de fitomassa destruída, calculada a partir de índices de vegetação multitemporais obtidas das imagens LANDSAT TM.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus agradecimentos ao Superintendente da SUDAM, Dr. Henry C. Kayath e ao responsável pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Amazônia (CSRA), Eng. Ftal. Francisco Luna Toledo, por permitirem a realização deste trabalho.

O agradecimento é extensivo ao Sr. Martinus Pedrus Antonius van Nistelrooij da DENPASA pela permissão e pelo apoio nos trabalhos de campo e ao Eng. Agr. Orlando dos Santos Watrin, pela revisão do texto.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAVEZ Jr., P. Atmospheric, solar and MTF corrections for ERTS digital imagery. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, Falls Church, VA, Oct. 1975. Proceedings. Falls Church, VA, Oct. 1975. p. 1-14.

ENGESPAÇO. SITIM-150. Sensoriamento Remoto. Manual do Usuário. Engespaço Indústria e Comércio Ltda., São José dos Campos, SP, 1988. p. F.1-F.36.

GENTY, P.; CHENON, R.D.; MORIN, J.P.; KORYTKOWSKI, C.A. Ravogeurs du palmier a huile on Amerique Latine. Oleagineux, 33(7):326-415. Jui. 1978.

MASCARENHAS, N.D.A. & VELASCO, F.R.D. Processamento digital de imagens. São Paulo, USP. Instituto de Matemática e Estatística, 1984. 2 v. Livro apresentado na Quarta Escola de Computação, USP, IME, São Paulo, 12 a 20 de julho de 1984.

MEDEIROS, J.S. Desenvolvimento metodológico para a detecção de alterações da cobertura vegetal através da análise de dados MSS LANDSAT. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP, INPE, mai. 1987. 127 p. (INPE-4123-TDL/262).

NELSON, R.F. Detecting forest canopy change due to insect activity using LANDSAT MSS. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 49(9): 1303-1314. Sep. 1983.

WEISMILLER, R.A.; KRISTOFF, S.J.;

Scholz, D.K.; ANUTA, P.E.; MOMIM, S. A. Change detection in coastal zone environments. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 43(12): 1533-1539, Dec. 1977.

WILLIAMS, D.L. & MILLER, L.D. Computer analysis and mapping of gypsy moth defoliations levels in Pennsylvania using LANDSAT 1 digital data. In: NASA EARTH RESOURCES SURVEY SYMPOSIUM. Proceedings. Houston, TX, v. 1A, 1975. p. 167-181. (NASA-TMX-58168).

WILLIAMS, D.L.; STAUFFER, M.; LEUNG, K. C. A forester's look at the applications of image manipulation techniques to multitemporal LANDSAT data. In: MACHINE PROCESSING OF REMOTELY SENSED DATA, 3., West Lafayette, IA, 1979. Proceedings. New York, 1979. p. 368-375.